韓應昆誌 42(3): 257~262 (2003)
Korean J. Appl. Entomol.

장기간 약제 무살포 사과원에서 포식성 응애류에 의한 잎응애류 밀도 억제

김동순* · 정철의[1] · 김시용[2] · 전흥용 · 이준호[2]
원예연구소, [1]안동대학교, [2]서울대학교

Regulation of Spider Mite Populations by Predacious Mite Complex in an Unsprayed Apple Orchard

Dong-Soon Kim*, Chuleui Jung[1], Si-yong Kim[2], Heung-Yong Jeon and Joon-Ho Lee[2]
Horticultural Environment Division, National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 441-440, Republic of Korea
[1]School of Bioresource Sciences, Andong National University, Andong, 760-749, Republic of Korea
[2]Entomology Program, School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, Seoul 151-742, Republic of Korea

ABSTRACT : Spider mites and their predacious mites were surveyed in an apple orchard where pesticides have not been applied for a long time, to understand the undisrupted predacious mite complex and their role in the controling spider mites. Spider mites occurring in the orchard were different to those in conventional orchards. A few *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi* were observed, while *T. kanzawai* was abundant during growing season. Four species of phytoseiids, *Amblyseius eharai, A. kokufuensis, A. womersleyi* and *Typhlodromus vulgaris*, and one stigmaeid species of *Agistemus terminalis* were observed from leaf samples in the orchard. Among them, *T. vulgaris* occurred from early cool season with low *T. kanzawai* densities through to mid- and late-season. *A. womersleyi* was observed only during mid-season when *T. kanzawai* densities were high with hot weather. *Amblyseius eharai* and *A. kokufuensis* occured only in early season, but *A. terminalis* density increased from mid-season and lasted to late-season. The predacious mite complex regulated the density of *T. kanzawai* approximately under 8 mites per leaf. Tentatively concluding, *T. vulgaris* is an adaptable predator at lower prey density under cool weather condition, and *A. womersleyi* is effective predator at higher prey density under hot weather condition. Further, the biological control strategies of spider mites in Korean orchards were discussed based on the predacious mite complex.

KEY WORDS : Biological control, *Typhlodromus vulgaris, Amblyseius womersleyi, A. eharai, Agistemus terminalis*

초 록 : 생태적으로 교란되지 않은 과수생태계에서 포식성 응애류 종 구성과 그들의 잎응애류 밀도조절 작용을 이해하기 위하여 장기간 약제를 살포하지 않은 사과원에서 연간 그들의 밀도변화를 조사하였다. 약제를 장기간 살포하지 않은 본 조사 과원에서 발생되고 있는 잎응애류는 일반 관행방제 과원과는 크게 달랐다. 점박이응애와 사과응애는 거의 발생이 없었으며 차응애가 연중 발생하였다. 포식성 응애로 *Amblyseius eharai* (긴꼬리이리응애), *A. kokufuensis* (꽃병이리응애), *Typhlodromus vulgaris* (대중이리응애), *A. womersleyi* (긴털이리응애) 등 4종의 이리응애(Phytoseiid)와 마름응애류(Stigmaeidae)인 *Agistemus terminalis* 1종이 발견되었다. 그 중 *T. vulgaris*는 차응애 밀도가 낮고 기온이 서늘한 생육초기부터 발생을 시작하여 생육중기 및 생육후기까지 발생하였다. 반면 *A. womersleyi*는 고온기, 차응애 밀도가 높은 때 한하여 발생되었고, *A. eharai*와 *A. kokufuensis*는 초기 발생 후 그 뒤로는 발생하지 않았다. *A. terminalis* 생육중기부터 발생을 시작하

*Corresponding author. E-mail: kds6409@rda.go.kr

여 생육후기까지 지속적으로 밀도를 유지하였다. 이와 같은 포식성 응애류 상은 차응애 밀도를 잎당 약 8마리 이내로 조절하였다. 잠정적 결론으로써 *T. vulgaris*는 잎응애 밀도가 낮고 서늘한 기온 상태에 정착할 수 있는 종이고 *A. womersleyi*는 잎응애 밀도가 높고 고온 상태에서 효과적인 포식자로 생각된다. 기타 우리나라 과수원에서 포식응애류 계획적 관리에 기초를 둔 잎응애류 생물적 방제 전략에 대하여 고찰하였다.

검색어 : 생물적 방제, 대중이리응애, 긴털이리응애, 긴꼬리이리응애, 꽃병이리응애, 마름응애류

과수에서 잎응애류 생물적 방제는 해충종합관리(IPM) 수행시 가장 중요한 요소라 할 수 있다. 과수에서 기본적인 IPM 모형은 심식충류와 같은 관건해충 방제시 응애류 생물적 방제 시스템이 파괴되지 않도록 화학적 방제를 동원하는 것이다(Croft and Hyot, 1993; Metcalf and Luckmann, 1994). 우리나라에서는 응애류 생물적 방제를 중심으로 한 과수 IPM 기본모형이 90년 초 제시되었으며(Lee, 1990), 그 후 실제 포장에서 실증실험을 통하여 IPM을 정착시키려 노력하였다. 하지만 현재까지 응애류 생물적 방제를 일반화시키지 못하고 있는 상태이며, 아직도 응애류 생물적 방제가 과수 IPM의 중심이 되고 있다.

지금까지 우리나라 과수 잎응애류의 생물적 방제 인자로 긴털이리응애(*Amblyseius womersleyi*)를 상정하고 많은 실험실적 연구가 이루어져 왔다(Kim and Lee, 1993; Kim and Lee, 1994; Lee, 1990; Lee and Ahn, 2000). 그러나, 아직도 실제 과원 생태계에서 *A. womersleyi*의 역할을 평가해 내는 연구는 미흡한 상태다. 앞으로 실제 과원 생태계에서 잎응애류의 생물적 방제 인자로서 이리응애의 생태적 특성을 평가가 필요하며, 이에 앞서 생태적으로 최대한 교란되지 않은 과원 생태계에서 잎응애류와 연관된 포식자 길드(포식성 응애류)를 살펴보는 것은 그들의 역할에 중요한 단서를 제공할 것이다(Jung *et al.*, 2003). 또한 과수 IPM에서 응애류 생물적 방제 전략은 응애류 대발생이 무분별한 약제사용으로 인한 천적상 파괴로 파생된 문제로 보고 천적에 저독성인 약제 관리를 통하여 포식성 응애류 군집을 파괴되기 이전의 상태로 회복하려는 것으로 보기 때문에(Croft and Hoyt, 1983), 인위적으로 교란되지 않은 과원은 포식성 응애류 군집 연구는 파괴 이전의 응애류 밀도조절 작용을 간접적으로 볼 수 있는 곳일 것이다. 본 논문에서는 장기간 약제를 살포하지 않은 과원을 선택하여 식식성 응애류 및 그들의 포식성 응애류를 조사 분석하였다. 본 결과는 완전한 결론을 의미하지는 않으며, 연구 진행상에 있는 중간결과 성격으로써 앞으로 연구진행의 시각을 제공하는 데 목적을 두고 있다.

재료 및 방법

생태적으로 교란되지 않은 사과원에서 응애류 및 그의 포식성 응애류 발생동태를 구명하기 위하여 장기간 약제를 살포하지 않은 과원을 선택하였다. 이 사과원(≈ 0.2 ha)은 경기도 수원시 서둔동 여기산에 위치하고 있으며, 관행관리를 하는 ≈ 1.5 ha 과수원(사과, 배, 복숭아 혼합 과원)과 약 10 m 폭의 소나무 숲으로 격리되어 있었다. 수령은 약 12년(후지/M26) 내외로 1996년부터 살충제, 살비제, 살균제를 전혀 살포하지 않았다. 1996년 이전까지는 연 약제살포 횟수 4- 5회로 최소방제를 실시하였다.

식식성 응애류 및 포식성 응애류 연간 발생동태 조사를 위하여 각 조사시기 마다 임의로 사과나무 5주를 선택한 후 주당 10엽을 채취하였다. 잎 채취는 2002년 5월 하순부터 9월 상순까지 2주 간격으로 실시하였다. 채취한 잎은 비닐봉지에 밀봉하여 응애밀도 조사 때까지 4°C 항온기에 보관하였으며, 10-20× 해부현미경 하에서 알, 약충, 성충을 구분하여 조사하였다. 이리응애류 종 동정을 위하여 발견되는 성충들은 슬라이드 표본을 만들었으며, Jung *et al.* (2003)과 같은 방법으로 분류・동정하였다

결과 및 고찰

장기적으로 약제를 살포하지 않은 사과원에서 잎응애류 및 포식성 응애류의 발생소장은 Fig. 1과 같았다. 우리나라 과수에서 발생되는 것으로 알려져 있는 점박이응애(*Tetranychus urticae*), 사과응애(*Panonychus ulmi*), 차응애(*Tetranychus kanzawai*), 뽕나무응애(*Eote-*

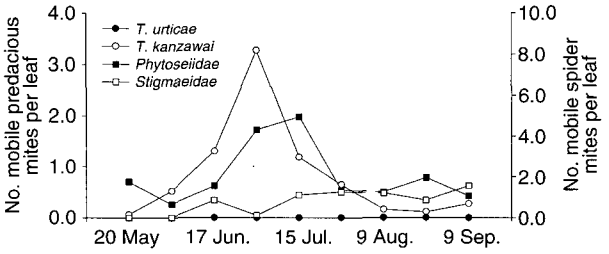

Fig. 1. Seasonal abundances of predacious mites and spider mites in an unsprayed apple orchard. The numbers of Phytoseiid are the total of *Amblyseius eharai, A. kokufuensis, A. womersleyi* and *Typhlodromus vulgaris*, and Stigmaeid is *Agistemus terminalis*.

tranychus suginamensis) 등 잎응애류 중 차응애가 연중 발견되었다. 차응애는 6월 상순경부터 밀도가 증가하여 7월 상순 발생최성기를 보였으며, 이 당시 잎 당 8마리 정도의 밀도를 보였다. 이 이후부터는 밀도가 급격히 감소하여 7월 하순부터는 낮은 밀도로 유지되었다. 살충·살비제를 정기적으로 살포하는 관행방제 과원에서 주로 문제되는 점박이응애와 사과응애는 1-2마리/50엽 수준으로 1-2회 발견되는 정도로 발생이 거의 없었다. 또한 녹응애류도 이와 같은 경향으로 발견되었다.

총 포식성 이리응애류 밀도는 차응애 밀도가 매우 낮은 상태였던 5월 하순부터 형성되기 시작하여 차응애 밀도가 증가함에 따라서 같이 증가하였다. 그 이후에는 차응애 밀도가 감소함에 따라 감소되었고 9월까지 밀도가 유지되었다. *Agistemus terminalis* (마름응애류 : Stigmaeidae)는 차응애 밀도가 감소하는 7월 중순부터 밀도가 형성되어 계절 후기까지 지속적으로 발생하였다. 발견된 이리응애류의 시기별 개체수(성충)는 Table 1과 같았으며, *Amblyseius eharai* Amitai et Swirski (긴꼬리이리응애), *A. kokufuensis* Ehara et Kato (꽃병이리응애), *Typhlodromus vulgaris* Ehara (대중이리응애), *A. womersleyi* Schicha (긴털이리응애) 등이었다. 계절초기 차응애 밀도가 낮을 때 발생된 이리응애종은 긴꼬리이리응애, 꽃병이리응애, 대중이리응애 등이었다. 이 중 긴꼬리이리응애와 꽃병이리응애는 6월 하순 이후에는 발견되지 않았으며, 대중이리응애가 계절 후기까지 연중 높은 빈도수로 발견되었다. 긴털리응애는 차응애 밀도가 최고에 도달하는 시기부터 발견되기 시작하여 차응애 밀도가 감소하자 더 이상 발견되지 않았다.

본 조사 과원에서 주로 발생된 차응애는 현재 우리나라 일반 과수원에서는 크게 문제되고 있는 응애류 해충이 아니다. 간혹 약제방제를 중단했을 경우 다발생하는 경우가 있는 것으로 알려져 있다(Dr. C.Y. Yang, personal communication). 다만, 우리나라 과수원에서 화학적 방제가 본격화되기 이전이었던 해방전후에 벚나무응애(*Tetranychus viennensis*)와 더불어 과수의 응애류 해충으로 기록되고 있다(Baik, 1959; Lee and Ko, 1961). 우리나라 과수원에서 응애류 해충은 역사적으로 큰 변천을 해온 것으로 알려져 있다. 즉 Lee (1990)는 70년대 전까지는 사과응애가 우점종이었으나 그 후로 점박이응애가 우점하는 양상으로 바뀌었다고 하였다. 이와 같은 응애류 해충상 변화는 약제관리를 비롯한 전반적인 재배관리 방식의 변천에 따라 영향을 받았을 수 있다. 아직 결론을 내리기는 이르지만 약제살포 등으로 교란되지 않은 과수생태계에서 적응하는 잎응애 종은 차응애와 같은 종일 수 있다. 앞으로 역사적인 기록과 부분적인 재현실험을 통하여 재배관리 방식에 따른 응애 발생 종을 구명하는 일은 과수원에서 합리적인 응애 관리 대책을 수립하는 중요한 연구과제가 될 것이다.

녹응애류는 일반적으로 약제살포를 적게 하는 경우 발생하는 것으로 알려져 있으며, 과수에 피해보다는 이리응애류의 대체먹이로써 응애류 생물적 방제에서 중요한 요소로 취급되고 있다(Croft and Hoyt, 1983). 이것은 잎응애류 밀도가 낮을 때 이리응애류는 녹응애류를 대체먹이로 이용하면서 생존할 수 있기 때문이다. 하지만 본 실험과원에서는 이리응애류 발생에 녹응애류가 필수적인 조건이 아니었다. 즉 과수원에서 응애류 생물적 방제시 이리응애류는 또 다른 요인에 의하여 정착·유지될 수도 있음을 암시한다.

Table 1. Number of Adult phytoseiid mites found on leaf samples from an unsprayed apple orchard

Species	20 May	4 Jun.	25 Jun.	2 Jul.	15 Jul.	26 Jul.	9 Aug.	27 Aug.	9. Sep.
Amblyseius eharai	2	3	–[a]	–	–	–	–	–	–
Amblyseius kokufuensis	2	1	–	–	–	–	–	–	–
Amblyseius womerselyi	–	–	–	1	2	1	–	–	–
Typhlodromus terminalis	4	5	2	18	6	4	3	5	3

[a]Not observed

Fig. 1 및 Table 1에서와 같이 계절초기 긴꼬리이리응애, 꽃병이리응애, 대중이리응애 등은 차응애 밀도가 매우 낮은 상태에서 상대적으로 높은 밀도를 유지하였다. 이 당시 차응애와 이리응애의 공존 비율은 낮았으며, 차응애가 존재하지 않는 잎에서 이리응애가 발견되는 비율은 약 40%로 높은 상태를 보였다. 이것은 이들 이리응애가 응애류 먹이 없이도 생존 가능함을 간접적으로 보여주는 것이다. 실제 이들 종은 응애류 뿐만 아니라 총채벌레, 꽃가루 등을 대체먹이로 이용할 수 있는 종으로 알려져 있다(Helle and Sabelis, 1985). 반면 긴털이리응애는 차응애 밀도가 높을 때에 한하여 발견되었다. 이와 같은 현상을 논리적으로 이해하는 것은 앞으로 응애 생물적 방제 전략을 수립하고 새로운 연구를 이끌어 가는 매우 중요한 단서가 될 것이다.

세계적으로 과수 IPM에서 응애류 생물적 방제시 *Metaseiulus* (= *Galendromus*) *occidentalis* (Nesbitt)와 *Typhlodromus pyri* Scheuten 등 두 종이 가장 많이 이용되고 있다. 일반적인 경우 두 종이 공존하지만(Penman *et al.*, 1979; Hadam *et al.*, 1986; Bower and Thwaite, 1989; Croft *et al.*, 1990), 그 중 한 종만이 이용되는 경우도 있다(Helle and Sabelis, 1985). 1990년 전후 미국서부 지역(오레곤) 일반과원에서는 *M. occidentalis*와 *T. pyri*의 발생비율이 2 : 1로 *M. occidentalis*가 우점하면서 공존하는 것으로 보고하였다(Croft *et al.*, 1990). 그러나 약제살포가 적거나 무방제 과원에서는 *T. pyri*가 증가하고 *M. occidentalis*는 사라지든지 또는 급격히 감소한다(Dunley and Croft, 1990, 1992; Croft and MacRae, 1992a). 이와 같은 현상은 과수원 IPM 진전에 따른 식식성 응애 밀도의 변화와 이에 반응하는 포식성 이리응애의 생태적 특성을 조합하여 설명할 수 있다. *T. pyri*는 꽃가루 등 대체먹이를 이용할 수 있어 잎응애 밀도가 낮은 상태에서도 생존이 가능하다(Helle and Sabelis, 1985). 또한 *T. pyri*는 서늘한 기후에 잘 적응하기 때문에 잎응애 밀도가 낮은 계절초기부터 정착을 시작하고 계절 후기 늦게 까지 과원내에서 생존할 수 있다(Helle and Sabelis, 1985). 반면, *M. occidentalis*는 고온 건조한 조건에 잘 적응하는 종으로 빠른 증식력과 높은 포식능력을 갖고 있으며 대체먹이로 꽃가루 등을 이용하지 않는다(Dunley and Croft, 1990). 따라서 잎응애 밀도가 높은 상태에서만 발생이 가능하다. 정리하면, 과수 IPM에서 응애류 생물적 방제 접목 초기에 잎응애 밀도가 높은 상태에서는 *M. occidentalis*가 쉽게 정착하여 빠른 속도로 잎응애 밀도를 낮추게 된다. IPM 정착과원에서 응애류 생물적 방제 시스템을 파괴하지 않는 약제관리를 통하여 점차 잎응애류 밀도가 지속적으로 낮아지게 되면 *M. occidentalis*의 역할이 줄어들고, 대신 *T. pyri*가 역할이 증대된다(Croft and MacRae, 1992b; J.P. Nyrop, personal communication).

본 조사에서 차응애 밀도가 높고 고온기에 발생하였던 긴털이리응애는 *M. occidentalis*의 생태적 특성을 닮은 것으로 생각된다. Lee (1990)는 온도별 점박이응애와 긴털이리응애의 내적자연증가율을 추정하고, 고온(28°C 이상)에서는 상대적으로 긴털이리응애의 내적자연증가율이 낮기 때문에 서늘한 기후조건에서 점박이응애의 밀도를 효과적으로 낮출 수 있다고 보고하였다. 그러나 Lee and Ahn (2000)는 긴털이리응애가 30°C 전후의 고온에서 빠른 발육속도과 높은 증식력을 보이고 있는 등 고온에 적응한 종으로 해석하고 있다. 또한 긴털이리응애는 피식자 밀도가 높은 패치에서 과도한 포식행동을 보이고 피식자 밀도가 낮아지면 그 패치를 이탈하는 포식행동을 보인다(Kim, 1992; Kim and Lee, 1993; Kim and Lee, 1994). 즉 긴털이리응애는 고온 조건에서 잎응애 밀도가 높은 상태에 적응하는 종으로 해석된다. 이것은 최근 과원에서 응애류 생물적 방제 수행시 긴털이리응애는 잎응애류 밀도가 높게 형성되는 고온기 무렵부터 발견되는 것을 간접적으로 설명하는 것이라 할 수 있다(Kim *et al.*, 2002).

이와 같이 지연되어 발생되는 긴털이리응애 특성 때문에 월동밀도가 높거나 계절초기 고온 등의 요인으로 잎응애 밀도가 급격히 높아지는 경우 과수에 이미 심각한 피해가 나타난 다음 긴털이리응애가 정착하기 때문에 잎응애 방제에 실패하는 경우가 많다. 이런 피해를 방지하기 위해서는 긴털이리응애가 본격적으로 나타나기 이전 선택적 살비제로 잎응애 밀도를 낮춰 대발생하지 않는 수준으로 유지시키고, 후에 나타나는 긴털이리응애가 효과적으로 잎응애 밀도를 경제적 피해수준 이하로 조절하도록 해 줄 필요가 있다(Han *et al.*, 2003). 긴털이리응애는 Fig. 1 및 Table 1에서와 같이 고온기 잎응애 밀도가 높을 때 나타나서 빠른 증식력과 높은 포식력을 바탕으로 잎응애 대발생을 억제하는 강력한 포식자로 평가되지만, 서늘하고 잎응애 밀도가 낮은 계절초기에 적응력이 낮기 때문에 과수원 응애류 생물적 방제에서 유일한 후보는 아

니다. 우리나라 과수에서 성공적으로 응애류 생물적 방제를 이끌기 위해서는 긴털이리응애와 더불어 계절초기 잎응애 밀도가 낮을 때 정착 가능한 어떤 이리응애 종을 긴털이리응애와 모순되지 않도록 접목하는 시스템이 필요할 것이다. 지금까지는 앞에서 간단히 언급한 것과 같이 잎응애 밀도가 낮을 때 녹응애가 발생되어 긴털이리응애 대체먹이 역할을 함으로써 긴털이리응애가 계절초기부터 정착할 수 있을 것으로 생각했었다(Lee, 1990). 그 후보 중 하나는 대중이리응애가 될 수 있을 것이다.

대중이리응애는 본 조사결과에서 보듯이 기온이 서늘한 계절초기부터 발생되어 계절 후기 늦게까지 연중 발생되었고 차응애 밀도가 낮을 때도 정착 가능하였다. 또한 대체먹이로 잎응애류 이외에 꽃가루 등을 이용하는 것으로 알려져 있다. 즉 대중이리응애는 앞서 소개한 *T. pyri*와 가장 근접한 생태적 특징을 갖고 있는 것으로 보인다. 긴꼬리이리응애와 꽃벵이리응애 등은 우리나라 야생 식생에서 많이 발견되는 종(Ryu *et al.*, 1997)으로 인접 식생에서 이주하는 종들로 보이고 대중이리응애와 긴털이리응애가 정착하는 경우 경쟁적으로 배제되는 것으로 생각할 수도 있다. 이 두 종은 *A. andersoni* Chant와 같이 과수원에서 잎응애 밀도가 아주 낮은 상태에서 간헐적 밀도 억제는 가능하지만, 생물적 방제원으로써의 가치는 제고가 필요하다(Croft, 1994).

*A. terminalis*와 같은 마름응애는 잎응애 뿐만 아니라 이리응애류의 알을 포식하거나 또는 이리응애의 먹이가 될 수 있는 종으로 알려져 있다(Santos and Laing, 1985). 대표적인 것이 *Zetzellia mali*로 모든 기후조건에 잘 적응하고 낮은 잎응애 밀도에서도 정착할 수 있기 때문에 과수 응애류 생물적 방제시 *T. pyri*의 보조자로 인식되고 있다(Croft and MacRae, 1992b).

지금까지 내용을 바탕으로 우리나라 과수에서 응애류 생물적 방제 시스템에 대한 가설을 세운다면, 고온기 잎응애 밀도가 높을 때 정착하여 강력한 포식력을 발휘하는 긴털이리응애를 중심으로 서늘하고 잎응애 밀도가 낮은 상태에서 정착하는 대중이리응애와 같은 종을 접목시키고 *A. terminalis*를 비롯한 다른 이리응애를 보조적으로 이용하는 시스템이 될 것이다. 물론 여기서 언급한 종들이 실제로 그와 같은 생태적 특성을 갖고 있는지 우선 검증해야 할 것이다. 아니면, 최근 조사 결과 우리나라 사과원에서 발견되는 이리응애류 중에서(Jung *et al.*, 2003) 생태적으로 적합한 종을 발굴해 낼 필요가 있다. 그리고 위의 가설이 맞는지 계획된 실험을 통하여 증명하고, 과수원에서 응애류 생물적 방제를 성공적으로 이끌 수 있는 적합한 포식자 길드를 존속시킬 수 있는 생태적 방법을 제시해야 할 것이다.

사 사

이 논문은 한국과학재단의 해외 Post-doc. 연수지원에 의하여 연구되었음.

Literature Cited

Baik, U.H. 1959. Spider mites on apples in Korea. J. Appl. Zool. 11: 37~45.

Brower, C.C. and W.G. Thwaite. 1989. The mite management manual: a practical guide to integrated mite control. NWS Australia Agric. Fish. Bull.

Croft, B.A. 1994. Biological control of apple mites by a phytoseiid mite complex and *Zetzellia mali* (Acari: Stigmaeidae): Long-term effects and impact of azinphosmethyl on colonization by *Amblyseius andersoni* (Acari: Phytoseiidae). Envrion. Entomol. 23: 1317~1325.

Croft, B.A. and I.V. MacRae. 1992a. Biological control of apple mites by mixed populations of *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) and *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acari: Phytoseiidae). Environ. Entomol. 21: 202~209.

Croft, B.A. and I.V. MacRae. 1992b. Persistence of *Typhlodromus pyri* and *Metaseiulus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae) on apple after inoculative release and competition with *Zetzellia mali* (Acari: Stigmaeidae). Environ. Entomol. 21: 1168~1177.

Croft B.A., P. Shearer, G.J. Fields and H.W. Riedl. 1990. Distribution of *Metaseiulus occidentalis* (Nebitt) and *Typhlodromus pyri* (Parasitiformes: Phytoseidae) in apple orchards of the Hood River Valley, Oregon. Can. Ent. 122: 5~14.

Croft, B.A. and S.C. Hoyt. 1983. Integrated management of insect pests in pome and stone fruits. New York; Wiley Intersci. 454pp.

Hadam, J.J., M.T. AliNiazee and B.A. Croft. 1986. Phytoseiid mites (Parasitiformes: Phytoseiidae) of major crops in the Willamette Valley, Oregon and pesticide resistance in *Typhlodromus pyri* Scheuten. Envrion. Entomol. 15: 1255~1262.

Han, S.H., C. Jung and J.-H. Lee. 2003. Release strategies of *Amblyseius womersleyi* and population dynamics of *Amblyseius womersleyi* and *Tetranychus urticae*: I. Release position in pear. J. Asia-Pacific Entomol. (in press)

Helle, W. and M.W. Sabelis. 1985. Spider mites: their biology, natural enemies and control, vol 1B. Elsevier, Amsterdam.

Jung, C., S.Y. Kim, S.W. Lee and J.H. Lee. 2003. Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) from Korean apple orchards and their ecological notes. Korean J. Appl. Entomol. 42: 185~195

Kim, D.-S. 1992. Studies on interaction between *Amblyseius longespinosus* (Acarina: Phytoseiidae) and *Tetranychus urticae*: functional response, searching behavior, and distribution of searching effort. M.S. Thesis 45pp. Seoul National University, Suwon.

Kim, D.-S. and J.-H. Lee. 1993. Functional response of *Amblyseius*

longespinosus (Acarina: Phytoseiidae) to *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae): effects of prey density, distribution, and arena size. Korean J. Appl. Entomol. 32: 62~67.

Kim, D.-S. and J.-H. Lee. 1994. Foraging behavior of *Amblyseius longespinosus* (Acarina: Phytoseiidae) for *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae) eggs. Korean J. Appl. Entomol. 33: 33~38.

Kim, D.-S., J.H. Park, H.Y. Jeon and Y.M. Choi. 2002. Establishment of IPM guideline in pear orchards and its field application. Annual Research Report for 2002 in CD Rom. National Horticultural Research Institute, Suwon.

Lee, J.-H. and J.J. Ahn. 2000. Temperature effects on development, fecundity, and life table parameters on *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acari: Phytoseiidae). Environ. Entomol. 29: 265~271

Lee, K.Y. and K.C. Ko. 1961. Survey of the distribution for fruit mites in Korea. The Annual Research Bull. of Korean Agr. Soc. No. 7: 777~799.

Lee, S.W. 1990. Studies on the pest status and integrated mite management in apple orchards. Ph.D. Dissertation, 87pp. Seoul National University, Suwon.

Metcalf, R.L. and W.H. Luckmann. 1994. Introduction to insect pest management. 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Penman, D.R., C.H. Wearing, E. Collyer and W.P. Thomas. 1979. The role of insecticide-resistant phytoseiids in integrated mite control in New Zealand. Rec. Adv. Acarol. 1: 59~69.

Ryu, M.O., W.K. Lee and T.H. Kim. 1997. Habitats and abundances of Korean phytoseiid mites. Korean J. Appl. Entomol. 36: 224~230

Santos, M.A. and J.E. Laing. 1985. Stigmaeid predators. pp. 197-203. In W. Helle & W. Sabelis [eds.], Spider mites: their biology, natural enemies and control, vol. 1B. Elsevier, Amsterdam.

(Received for publication 2 September 2003;
accepted 22 September 2003)